

EVALUASI KURVA PRODUKSI MENGGUNAKAN POLYNOMIAL CURVE DAN OUTPUT CURVE WELLSIM PADA SUMUR DUA FASA LAPANGAN PANASBUMI X

Welldon

Jurusan Teknik Perminyakan Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi Universitas Trisakti

Email: welldonbesouw@yahoo.com

Abstrak

Tugas Akhir ini bertujuan membandingkan kurva produksi hasil pendekatan polynomial dengan kurva produksi hasil pendekatan WELLSIM, kemudian dievaluasi untuk mengetahui akurasi dan kekurangan pendekatan polynomial. Data yang digunakan adalah data uji produksi metode separator di Sumur M dan N lapangan panasbumi X yang memiliki tipe reservoir dua fasa dan informasi tambahan dari hasil survey PT (Pressure, Temperature). Hasil studi memperlihatkan bahwa kurva produksi dengan pendekatan polynomial mempunyai keterbatasan jika setting Tekanan Kepala Sumur (TKS/WHP) dalam uji produksi kurang bervariasi.

Kata kunci: kurva produksi, kurva polynomial, output curve, WELLSIM

Pendahuluan

Uji produksi pada panas bumi dilakukan untuk mengetahui fluida reservoir, fluida produksi, produktivitas, karakteristik fluida, dan kandungan gas. Ada empat metode yang dapat digunakan dalam uji produksi pada panas bumi, yaitu metode satu fasa, metode kalorimeter, metode lip pressure, dan metode separator. Uji produksi pada umumnya disajikan dalam bentuk output curve. Output curve bisa dibuat dari semua metode uji produksi yang ada, namun pada tugas akhir ini penulis memilih metode uji produksi separator. Ini disebabkan metode separator memiliki hasil yang paling akurat diantara metode uji produksi yang lainnya.

Output curve pada panas bumi dapat dibuat dengan dua cara yaitu simulasi, pada tugas akhir ini menggunakan *software WELLSIM*, dan dengan menggunakan kurva polynomial (di PGE biasanya disebut Data Aktual). Output curve yang dibuat menggunakan *software WELLSIM* biasanya dibuat oleh orang reservoir, sedangkan output curve yang dibuat menggunakan kurva polynomial atau output curve data aktual dibuat oleh orang produksi.

Pada tugas akhir ini penulis ingin melihat perbandingan dari output curve yang dibentuk hasil simulasi *software WELLSIM* dan Data Aktual (kurva polynomial), apakah hasilnya sama atau berbeda. Jika berbeda, apa yang membuat hasilnya berbeda, lalu apakah kelebihan dari simulasi, apakah kekurangannya, kemudian apa kelebihan metode kurva polynomial dan apa kekurangannya. Dari hasil output curve yang dibuat akan dilakukan *matching*, kalau hasilnya tidak match apa yang menyebabkannya sedangkan kalau hasilnya match, dapat dilihat bagaimana hasil output curvenya, berapa flowratanya, tekanan kepala sumur, bagaimana perkiraan kandungan gas CO₂ dan NaCl, perkiraan kedalaman feedzone, dan perkiraan tekanan reservoirnya.

Studi Pustaka

Uji Produksi

Sumur panasbumi yang sudah selesai di bor perlu dilakukan uji produksi. Uji produksi ini dilakukan untuk menentukan deliverability sumur. Deliverability adalah kemampuan sumur memproduksi fluida. Biasanya deliverability ini dinyatakan dalam bentuk grafik yang disebut output curve. Output curve adalah grafik yang menyatakan hubungan antara

tekanan kepala sumur dengan flowrate fluida. Persamaan output curve diturunkan dari persamaan Vogel Inflow Performance Reference pada minyak bumi.

$$\frac{q_o}{q_{o\max}} = 1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)^2$$

Persamaan itu kemudian dimodifikasi oleh Moya *et al.* (1995) menjadi seperti berikut.

$$W_D = 1.00 - 0.256P_D - 0.525P_D^2 - 0.057P_D^3 - 0.162P_D^4$$

Secara umum metode uji produksi dapat dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu, uji lip tegak, lip datar, dan uji separator.

1. Uji Lip Tegak (*Vertical Lip Pressure Test*)

Uji lip tegak dilakukan pada saat pertama kali sumur di buka. Uji tegak ini tujuannya adalah memperoleh gambaran secara kasar potensi pembangkitan listrik suatu sumur panasbumi. Tujuan lain dari uji tegak ini adalah untuk membersihkan sumur dari kotoran dan lumpur pemboran.

2. Uji Lip Datar (*Horizontal Lip Pressure Test*)

Uji lip datar pada prinsipnya sama dengan uji tegak, perbedaannya hanya merubah posisi lip dari vertikal menjadi horizontal. Namun pada uji lip datar, fluida dua fasa *deflashing* pada silencer. Silencer berfungsi untuk meredam suara dan *memflashing* semburan fluida dua fasa panasbumi. Prinsip perhitungan untuk potensi sumur juga sama dengan metode uji lip datar.

3. Uji Produksi Metode Separator

Metode ini lebih akurat dibandingkan dengan metode lip. Prinsipnya yaitu fluida dua fasa dipisahkan di separator, uap dan brine keluar secara terpisah dari outlet separator. Laju uap dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur orifice meter, sedangkan laju brine diukur dengan menggunakan weir box yang dilengkapi dengan V-Notch.

Pengukuran Laju Uap

Laju uap yang keluar dari *outlet* separator diukur dengan menggunakan orifice meter. Prinsip pengukurannya adalah dengan menggunakan gangguan terhadap aliran berupa tahanan, sehingga akan diperoleh tekanan hulu (P_U), tekanan hilir (P_D), dan beda tekanan (ΔP). Dengan menggunakan prinsip hukum Bernoulli, maka laju uapnya dapat ditentukan.

Rumus dasar perhitungan :

$$M = (0.001252)(C)(Z)(\epsilon)(E)(d)^2 \sqrt{(\Delta P \rho)}$$

Kesalahan yang sering terjadi dalam penentuan laju alir uap dengan orifice yaitu kesalahan memasukkan data-data seperti P_U , ΔP , T_u , d , D , dan elevasi.

$P_{\text{separator}}$ diambil dari *nozzle* uap, posisinya cukup tinggi, oleh karena itu ditambahkan *tubing* agar pembacaan manometer tekanan separator mudah untuk dipantau. Kendalanya yaitu, uap di dalam *tubing* sering terkondensasi dan dapat mempengaruhi pembacaan manometernya, penanganannya yaitu dengan pengablasan kondensat tersebut secara berkala.

Pengukuran Laju Brine

Pengukuran laju brine dari outlet separator menggunakan weir box dengan V-Notch.

Rumus dasar perhitungan :

$$K = 81.2 + \frac{0.24}{h} + \left(8.4 + \frac{12}{\sqrt{D}} \right) \times \left(\frac{h}{B} - 0.09 \right)^2$$

$$M_{brine} = K \times h^{\frac{5}{2}} \times \rho_f \times 60$$

$$x = \frac{(h_{f(separator)} - h_{f(weir box)})}{h_{fg(weir box)}}$$

$$M_{brine \text{ terfly asing}} = M_{total} - M_{brine-weir box}$$

$$M_{total} = \frac{M_{brine-weir box}}{(1-x)}$$

Yang perlu diperhatikan dalam penentuan laju alir brine dengan Weir-V Notch yaitu :

- Dipastikan tidak ada halangan laju brine yang keluar dari V-Notch, dengan kata lain brine yang keluar harus langsung ke saluran air.
- Pembacaan tinggi permukaan brine di V-Notch, hal ini perlu diperhatikan karena perbedaan 1 cm tinggi permukaan brine pada V-Notch laju brinenya juga berbeda ± 25 T/J.

Perhitungan Total Flow

Setelah laju uap dan brine diketahui, maka total laju dapat diketahui, yaitu dengan menambahkan laju uap dan laju brine.

$$\dot{m}_{Total} = \dot{m}_{uap} + \dot{m}_{brine}$$

Kekeringan (dryness) juga dapat diketahui dengan membagi laju uap dengan laju total.

$$Dryness(x) = \frac{\dot{m}_{uap}}{(\dot{m}_{uap} + \dot{m}_{brine})}$$

$$x = \frac{\dot{m}_{uap}}{\dot{m}_{Total}}$$

Enthalpy total dari hasil uji produksi dapat ditentukan sebagai berikut.

$$Entalpi Total(H) = (h_f + x \cdot h_{fg})$$

h_f dan h_{fg} diambil pada tekanan separasi.

Secara ringkas dapat dilihat pada Tabel Hasil Produksi berikut ini :

Tabel 3.1. Contoh Tabel Hasil Uji Produksi

TKS (Kscg)	P _{Separator} (Kscg)	LAJU			Dryness (%) X	ENTHALPI (kJ/kg)			
		UAP (T/J)	AIR (T/J)	TOTAL(T/J)		h_f	h_g	$hfg = h_g - h_f$	$H = (hf + x.hfg)$
a	b	c	d	e	$f = (c / e)$	$g = \text{diambil pada kondisi b}$	$h = \text{diambil pada kondisi b}$	$i = (h - g)$	$j = g + (f.h)$

Pembuatan Output Curve

Pada uji produksi metode separator, sumur diproduksi kemudian fluida dipisahkan di separator. Fluida yang sudah dipisahkan yaitu brine dan uap diukur flowratanya, brine dengan weirbox dan uap dengan orifice. Pengukuran flowrate pada metode separator ini dilakukan selama beberapa hari, dan setiap harinya pengukuran dilakukan setiap jam (24jam). Pada metode separator, ada yang disebut Throttle Valve. Jadi, setiap pengukuran throttle valve di set pada bukaan tertentu. Misal, pada saat pertama diproduksi sumur di set pada bukaan throttle 80%. Sumur diproduksi pada bukaan 80% ini sampai flowratanya stabil. Jika flowrate sudah stabil, maka dilanjutkan ke bukaan yang lain misalnya 40%. Pada umumnya bukaan throttle valve di set pada 80%, 60%, 40%, 20%, dan fully open (100%). Pada setiap pengukuran ini, tekanan kepala sumur juga diukur. Semakin kecil bukaan throttle, semakin besar tekanan kepala sumur dan semakin besar bukaan throttle, semakin kecil tekanan kepala sumur. Begitu juga dengan flowratanya, semakin besar tekanan kepala sumur, semakin kecil flowrate dan begitu sebaliknya.

Dari yang telah disebutkan di atas, pengukuran dilakukan sampai flowrate stabil pada setiap bukaan throttle. Dari data ini kemudian dibuat suatu tabel yang dinamakan Rekap Uji Produksi. Dalam tabel rekap uji produksi ini, data yang flowratanya stabil pada setiap bukaan throttle dimasukkan sesuai tanggal, hari, dan jamnya. Dari rekap uji produksi ini didapat hanya beberapa data berdasarkan banyaknya bukaan throttle valve yang di set. Dari sinilah output curve uji produksi metode separator dapat dibuat.

Tabel 3.1 Contoh Rekap Uji Produksi

Tanggal	Jam	Bukaan Valve (%)	TKS (Kscg)	Flowrate			Dryness x
	Monitor			Uap (T/J)	Air (T/J)	Total (T/J)	
10 Juli 2013	08.00 Wib	20	13.8	38.29	175.58	213.87	17.90%
15 Juli 2013	09.00 Wib	40	12.7	59.17	351.57	410.74	14.41%
17 Juli 2013	08.00 Wib	60	10.4	76.62	407.82	484.44	15.82%
20 Juli 2013	09.00 Wib	80	10.0	86.21	407.82	494.03	17.45%
23 Juli 2013	09.00 Wib	90	10.0	89.13	407.82	496.95	17.94%

1. Output Curve Kurva Polynomial

Cara pembuatan output curve data aktual sebenarnya mudah. Dari tabel rekap uji produksi di atas, terdapat beberapa data uji produksi. Data flowrate versus TKS kemudian diinput ke dalam grafik pada microsoft Excel dengan type chart scattered, yaitu hanya berupa titik-titik dan tidak ada garis yang menghubungkannya. Setelah itu baru dibuat trendline polynomial. Maka plot-plot data tersebut akan terhubung berdasarkan suatu persamaan polynomial. Akan tertulis juga persamaan polynomial yang membentuk garis melengkung tersebut.

Dari persamaan polynomial ini, kita ingin mengetahui besar flowrate pada beberapa tekanan kepala sumur, karena itu dapat dihitung besar flowratanya dengan memasukkan variable 'x' sebagai tekanan kepala sumur pada persamaan polynomial. Sehingga beberapa data yang dihitung dengan persamaan polynomial tersebut dibuat suatu tabel

yang kemudian dibuat lagi suatu grafik tanpa menggunakan trendline polynomial, melainkan dengan chart type line, sehingga terbentuklah output curve data aktual.

2. Output Curve dengan Software WELLSIM

Software WELLSIM merupakan *wellbore simulator* dalam panasbumi dan berisi analisis yang didesign untuk membuat skenario 'what-if' untuk dilakukan pada sumur panasbumi. Sebagai contoh: apakah dengan memilih diameter casing yang besar dapat meningkatkan produksi? Bagaimanakah output curve setelah terjadi decline tekanan reservoir? Sehingga WELLSIM juga dapat digunakan untuk meng-ekstrapolasi *output curve* untuk memperkirakan produktivitas dimasa depan.

Dengan menggunakan WELLSIM, data rekap uji produksi diinput sebagai data untuk control modeling. Data ini kemudian akan dicocokkan dengan hasil simulasi sampai hasilnya match dengan data rekap uji produksi tersebut. Parameter yang diinput dalam WELLSIM ini adalah enthalpy, flowrate, temperatur, kedalaman feedzone, tekanan reservoir, dan kandungan gas.

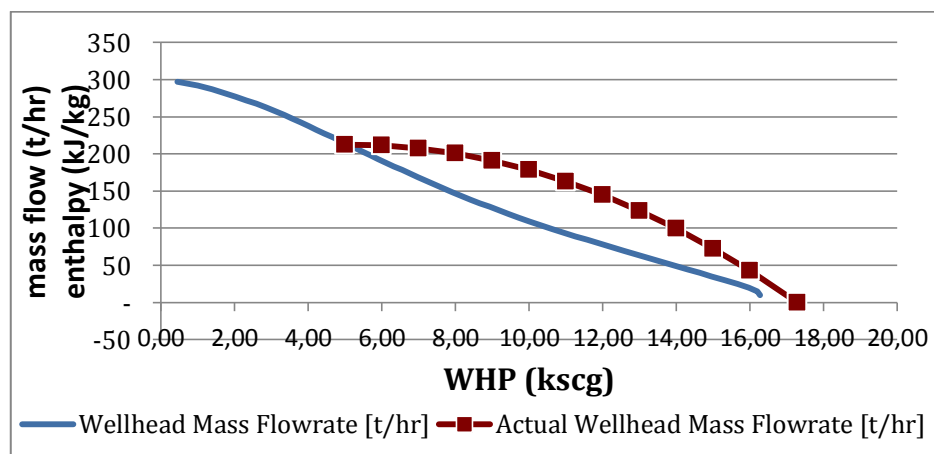
Metodologi penelitian

Data hasil uji produksi metode separator pertama-tama diolah menjadi data rekap uji produksi. Rekap uji produksi adalah data uji yang dikelompokkan berdasarkan bukaan throttle yang sudah stabil. Dari data ini kemudian dibuat polynomial curvenya. Dari data rekap uji produksi ini jugalah dibuat simulasi output curve WELLSIM. Jika polynomial curve dan output curve WELLSIM sudah dibuat, dilakukan perbandingan antara keduanya.

Hasil dan Pembahasan

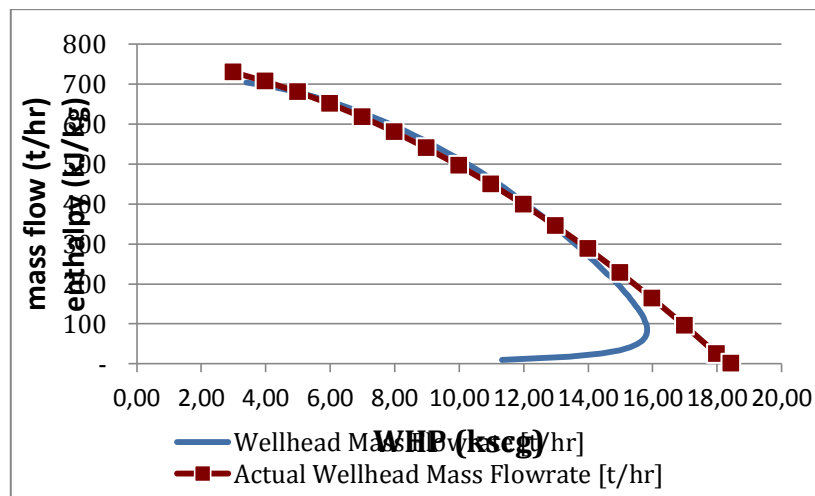
Pada bab pembahasan ini akan dijelaskan mengenai analisa output curve hasil simulasi dengan kurva polynomial uji produksi metode separator. Akan dilakukan perbandingan hasil output curve, apakah *match* atau tidak, dan apakah kelebihan dan kekurangan masing-masing metode.

Di bawah ini merupakan hasil *matching* output curve simulasi dengan kurva polynomial pada sumur M.



Gambar 1.1 Matching Output Curve Sumur M

Kemudian di bawah ini adalah *matching* hasil simulasi dan kurva polinomial untuk sumur N.



Gambar 1.2 Matching Output Curve Sumur N

Dari matching Sumur M dapat dilihat bahwa hasilnya tidak begitu *match*. Output curve dari *WELLSIM* adalah yang berwarna biru, sedangkan output curve kurva polinomial adalah yang berwarna merah. Dari hasil matching dapat dilihat garis yang *match* hanyalah pada sekitar tekanan 5 kscg, selain itu kedua data tidak menunjukkan kecocokan. Hal ini mungkin disebabkan karena pada data rekap uji produksi metode separator, tekanan kepala sumur dan flow rate tidak menunjukkan perubahan yang signifikan berapapun bukaan throttle valvenya. Karena data yang tidak bervariasi ini hanya terdapat beberapa titik yang tidak tersebar pada plot Tekanan Kepala Sumur dan Flowrate. Ini menyebabkan output curve yang dibuat menggunakan kurva polinomial menarik trendline orde 2, yaitu persamaan kuadrat yang merupakan kurva 1 lengkungan. Hal ini tentu kurang akurat karena kurva yang terbentuk ini hanya merupakan persamaan kuadrat yang tidak memperhitungkan parameter reservoir lain seperti tekanan reservoir, kedalaman feedzone, dan kandungan gas. Sedangkan dengan simulasi, *WELLSIM* memperhitungkan output curve dengan membuat model yang serupa dengan reservoir asli yang memperhitungkan seluruh parameter reservoir.

Pada sumur N, dapat dilihat hasilnya cukup *match*. Hanya mulai berbeda pada tekanan kepala sumur 15 kscg. Berdasarkan data rekap uji produksi, data sumur N ini termasuk bagus. Tekanan kepala sumur dan flow rate tidak menunjukkan keanehan. Berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui beberapa parameter pada sumur N yaitu, tekanan reservoir diperkirakan 70kscg, kandungan CO₂ 7500ppm, kandungan NaCl 5000ppm, dan kedalaman feedzone sekitar 1000m.

Dari kedua sumur ini, ada yang menunjukkan kesamaan yaitu perbedaan MDP (Maximum Discharge Pressure). Pada sumur M, MDP yang didapat berdasarkan perhitungan adalah 17.29 kscg, sedangkan MDP berdasarkan simulasi *WELLSIM* adalah 16.27 kscg. Pada sumur N, MDP yang didapat berdasarkan perhitungan adalah 18.45 kscg, sedangkan MDP berdasarkan simulasi *WELLSIM* adalah 15.81 kscg. Perbedaan MDP disebabkan pada MDP yang dihitung dengan menggunakan persamaan, MDP hanya dihitung dengan parameter temperature reservoir. Pada hasil simulasi, MDP dihitung berdasarkan beberapa variable dan parameter yang diinputkan sebelumnya. Jadi kemungkinan besar, MDP yang didapat dari hasil simulasi akan lebih akurat.

Pada sumur N dapat dilihat bahwa ada garis *rollback*. Rollback adalah kondisi yang terjadi setelah MDP tercapai. Setelah mencapai tekanan maksimum, bukaan yang semakin dikecilkan tidak menambah tekanan kepala sumur lagi, melainkan akan turun. Dan dapat

dilihat juga bahwa pada kurva polynomial tidak terdapat garis rollback tersebut. Hal ini disebabkan dengan menggunakan persamaan polynomial, grafik seperti itu tidak dapat dibuat. Tidak ada persamaan yang dapat membentuk garis rollback tersebut.

Berdasarkan cara pembuatannya, kurva polynomial ini hanya dapat membuat output curve sesuai data uji produksi yang ada, dan tidak dapat digunakan untuk meramalkan output curve di waktu mendatang. Untuk membuat dan meramalkan output curve di masa depan hanya bisa dibuat menggunakan software WELLSIM.

Kesimpulan

1. Sumur M memiliki hasil perbandingan yang tidak match. Hal ini disebabkan output curve yang dibuat menggunakan kurva polynomial kurang akurat karena data aktual yang kurang bervariasi.
2. Sumur N memiliki hasil yang match
3. Berdasarkan hasil simulasi pada sumur N tekanan reservoir diperkirakan 70kscg, kandungan CO₂ 7500ppm, kandungan NaCl 5000ppm, dan kedalaman feedzone sekitar 1000m.
4. MDP yang didapat dari korelasi dan hasil simulasi berbeda. Hal ini disebabkan pada korelasi, perhitungan hanya berdasarkan tekanan temperatur, sedangkan pada hasil simulasi perhitungan berdasarkan beberapa variabel yang diinput dalam WELLSIM.
5. Garis rollback hanya ada pada output curve hasil simulasi, karena tidak dapat dibuat dengan persamaan polinomial pada kurva polinomial.
6. Output curve dengan kurva polynomial dapat dibuat dengan cepat, tetapi kurang akurat dan tidak bisa meramalkan output curve di masa depan
7. WELLSIM dapat membuat dan meramalkan output curve di masa depan secara akurat.

Daftar Pustaka

- Anonim. *Flow Testing Initiation of a Flow from High Temperature Wells*. 8 Agustus 2012
- DiPippo, Ronald. 2007. *Geothermal Power Plants*. Dartmouth: Massachussets.
- Grant, Malcolm A. dan Bixley, Paul F.. 2011. *Geothermal Reservoir Engineering*. USA: Elsevier.
- Johnson, Pall. *Production Well Testing*. Iceland, 25 Juni 2010.
- Mubarok, M. Husni *et all*. 2013. *Laporan Uji Sumur X*. Jakarta: Pertamina Geothermal Energy
- Mubarok, M. Husni *et all*. 2015. *A Statistical Analysis for Comparison Between Lip Pressure and Separator in Production Well Testing at Lahendong and Ulubelu Field*. Jakarta: Pertamina Geothermal Energy.
- Saptiadji, Nenny. 2008. *Teknik Panas Bumi*. Bandung: ITB
- Sarmiento, Zammy. *Use of Log Tools to Solve Drilling Problems*. Jakarta, 25 Januari 2010.